



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

REC'D 23 NOV 2004

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

IB/04/52454

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03104331.8

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:
Application no.: 03104331.8
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 24.11.03
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Koninklijke Philips Electronics N.V.
Groenewoudseweg 1
5621 BA Eindhoven
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

G01R33/20

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT RO SE SI SK TR LI

Magnetische-resonantie-afbeeldingen (MRI) apparaat alsmede werkwijze voor het bedienen van een MRI apparaat

De uitvinding heeft betrekking op een magnetische-resonantie-afbeeldingen (MRI) apparaat omvattende een magnetisch hoofdstelsel voor het opwekken van een magnetisch hoofdveld in een diagnostische ruimte, een gradiëntspoelstelsel in hoofdzaak gelegen tussen het magnetisch hoofdstelsel en de diagnostische ruimte en voorzien van subgradiëntspoelen en een glastemperatuur bezittend bindmateriaal voor het bijeen houden van de subgradiëntspoelen, regelmiddelen voor het regelen van de temperatuur van het gradiëntspoelstelsel en temperatuurbeïnvloedingsmiddelen voor het op basis van stuursignalen afkomstig van de regelmiddelen beïnvloeden van de temperatuur van het gradiëntspoelstelsel.

10

Een dergelijk MRI-apparaat is bekend uit de Amerikaanse octrooiaanvraag US 2002/0148604 A1. In zijn algemeenheid geldt voor MRI-apparaten dat het gradiëntspoelstelsel ervan in bedrijf de neiging heeft om op te warmen vanwege de elektrische wisselstromen die door de diverse subgradiëntspoelen worden geleid. Om verschillende redenen wordt deze opwarming ongewenst geacht. Zo zal de bindende werkzaamheid van het bindmateriaal, zoals dat veelal wordt gevormd door epoxyhars, boven een bepaalde temperatuurwaarde die in ieder geval is gelegen boven de glastemperatuur van het toegepaste bindmateriaal, snel achteruit gaan waardoor het zeer bezwaarlijke risico bestaat dat vanwege delaminatie het gradiëntspoelstelsel uiteen zou vallen. De glastemperatuur, ook wel glasovergangstemperatuur genoemd, is een begrip dat bekend is bij de vakman op het gebied van (kunststof) bindmaterialen en betreft een temperatuur bij het passeren waarvan het bindmateriaal als het ware verweekt hetgeen een substantiële daling van de E-modulus van het bindmateriaal tot gevolg heeft. De hoogte van de glastemperatuur voor bepaalde kunststof materiaalsoorten is weergegeven in tabellen, bekend bij de leverancier van dergelijke materialen en/of kan proefondervindelijk worden vastgesteld. Behalve ter voorkoming van ongewenste delaminatie van het gradiëntspoelstelsel is het ook uit oogpunt van comfort wenselijk dat de temperatuur van het gradiëntspoelstelsel niet te

15

20

25

hoog oploopt, zodat een patiënt in de diagnostische ruimte een comfortabele of althans draagbare temperatuur blijft ervaren.

Teneinde de temperatuur om bovengenoemde redenen niet te hoog te laten oplopen is het in zijn algemeenheid bekend om een gradiëntspoelstelsel te koelen. De meest
5 voorkomende wijze van koeling van het gradiëntspoelstelsel vindt plaats middels een koelcircuit waardoorheen een koelvloeistof wordt geleid en welk koelcircuit zich door het gradiëntspoelstelsel uitstrekt. De mate waarin koeling van het gradiëntspoelstelsel mag optreden, wordt beperkt vanwege het risico van condensatie dat onder een bepaalde temperatuur van het gradiëntspoelstelsel, die afhankelijk is van de relatieve vochtigheid en de
10 temperatuur van de omgevingslucht, kan optreden. In de praktijk betekent dit dat koeling plaatsvindt tot omgevingstemperatuur of enkele graden daar onder.

Het MRI-apparaat volgens bovengenoemde Amerikaanse octrooiaanvraag US 2002/0148604 A1 omvat een koelcircuit dat zich ten dele uitstrekt door het gradiëntspoelstelsel. Teneinde voor “zwarte” afbeeldingen/scans waarbij relatief veel
15 vermogen in het gradiëntspoelstelsel wordt opgewekt, een verhoogde koelcapaciteit te verwezenlijken, is het MRI-apparaat voorzien van een behuizing voor het gradiëntspoelstelsel waarbinnen een vacuüm wordt opgewekt. Vanwege het vacuüm wordt de dauwtemperatuur binnen de behuizing aanmerkelijk verlaagd zodat ook de temperatuur van het koelmedium in het koelcircuit op een lagere waarde kan worden gebracht dan mogelijk
20 zou zijn geweest zonder de vacuüm behuizing doordat dan ongewenste condensatie op het gradiëntspoelstelsel zou kunnen optreden. In zijn algemeenheid wordt in de Amerikaanse octrooiaanvraag gemeld dat het met het daarin beschreven MRI-apparaat mogelijk is om de temperatuur van het koelmedium in te stellen afhankelijk van de koelbehoefte onafhankelijk van de dauwtemperatuur van de omgeving.

25 Een geheel ander belangrijk aspect van MRI-apparaten in zijn algemeenheid wordt gevormd door de mate waarin zij in bedrijf geluid produceren. Deze geluidsproductie wordt in belangrijke mate veroorzaakt doordat door de subgradiëntspoelen van het gradiëntspoelstelsel wisselstromen worden geleid met een typische frequentie gelegen tussen de 0 en 1,5 kHz, dus in het hoorbare gebied. Deze wisselstromen resulteren in wisselende
30 Lorentzkrachten die tot trillingen en geluidsproductie van het gradiëntspoelstelsel leiden, vooral in geval van resonanties. Voor een patiënt in de diagnostische ruimte kan dergelijk geluid zeer onaangenaam zijn, om welke reden het van belang is de geluidsproductie zoveel mogelijk te beperken.

De uitvinding stelt zich ten doel een MRI-apparaat volgens de aanhef te verschaffen waarmee het op eenvoudige wijze mogelijk is om in bedrijf van het MRI-apparaat een substantiële geluidsreductie te bereiken.

5 Om dit doel te bereiken heeft een MRI-apparaat volgens de uitvinding in eerste instantie tot kenmerk dat de regelmiddelen zijn ingericht voor het tijdens bedrijf van het MRI apparaat regelen van de temperatuur van het bindmateriaal van het gradiëntspoelstelsel op een waarde gelegen boven de glastemperatuur. De uitvinding berust enerzijds op het inzicht dat bindmaterialen zoals die gebruikelijk worden toegepast voor
10 gradiëntspoelstelsels van MRI-apparaten, boven de glastemperatuur een aanmerkelijk dempend effect verkrijgen op de trillingen van de subgradiëntspoelen die in bedrijf aanleiding kunnen geven tot een onacceptabele geluidsproductie en anderzijds op het inzicht dat het koelen van het gradiëntspoelstelsel tot een temperatuurwaarde relatief dicht boven de dauwtemperatuur ongunstiger kan zijn dan het koelen van het gradiëntspoelstelsel tot een
15 daar boven gelegen temperatuur. Uiteraard dient er wel voor te worden gewaakt dat de temperatuur van het gradiëntspoelstelsel, of meer specifiek van het bindmateriaal daarvan, niet oploopt tot een temperatuur waarboven de bindingseigenschappen van het bindmateriaal dusdanig afnemen dat het risico van delaminatie van het gradiëntspoelstelsel onacceptabel groot wordt. Net als de glastemperatuur is ook de grenswaarde voor deze maximaal
20 toelaatbare temperatuur voor het bindmateriaal afhankelijk van het toegepaste soort bindmateriaal.

Bij voorkeur is de waarde van de glastemperatuur ten minste 30°C. Een dergelijke glastemperatuur sluit aan bij commercieel verkrijgbare bindmaterialen, waarbijvoor specifieke soorten bindmaterialen de glastemperatuur bijvoorbeeld 40°C, 45°C,
25 50°C of zelfs nog hogere temperaturen kunnen zijn.

Bij voorkeur omvatten de temperatuurbeïnvloedingsmiddelen verwarmingsmiddelen voor het gradiëntspoelstelsel. Aldus wordt bereikt dat het bindmateriaal van het gradiëntspoelstelsel altijd een verhoogde temperatuur kan aannemen (dus ook als het desbetreffend MRI apparaat gedurende langere periode niet in gebruik is),
30 zodat de temperatuur van het gradiëntspoelstelsel ook bij het begin van een scan, waarbij de temperatuur van het gradiëntspoelstelsel zonder toepassing van de verwarmingsmiddelen bijvoorbeeld gelijk zou zijn aan de omgevings-temperatuur van bijvoorbeeld 20°C, ook dan al een verhoogde temperatuur aanneemt waardoor de voordelige dempende eigenschappen van het bindmateriaal zoals bovenstaand omschreven reeds optreden. Dergelijke

verwarmingsmiddelen zouden bijvoorbeeld ook kunnen bestaan uit middelen voor het sturen van een gelijkstroom door de subgradiëntspoelen waardoor, vanwege weerstandsverwarming, de temperatuur van de subgradiëntspoelen en daarmee van het bindmateriaal al toeneemt.

Volgens een verdere voorkeursuitvoeringsvorm zijn de

- 5 temperatuurbeïnvloedingsmiddelen en de regelmiddelen ingericht voor het in verschillende mate kunnen beïnvloeden van de temperatuur van respectievelijke verschillende delen van het gradiëntspoelstelsel. Deze voorkeursuitvoeringsvorm berust op het inzicht dat het niet altijd gewenst is om geen temperatuurgradiënten in het gradiëntspoelstelsel te laten ontstaan. Zo kan men bijvoorbeeld denken aan de situatie waarbij de naar de diagnostische ruimte
- 10 gekeerde zijde van het gradiëntspoelstelsel minder warm wordt gehouden teneinde het comfort van een patiënt in de diagnostische ruimte op een aanvaardbaar niveau te houden, dan de temperatuur van de kern van het gradiëntspoelstelsel alwaar zich veelal bindmiddel bevindt teneinde de akoestische dempingseigenschappen te vergroten.

Bij voorkeur omvatten de temperatuurbeïnvloedingsmiddelen een

- 15 fluïdumcircuit dat door het gradiëntspoelstelsel verloopt voor het uitwisselen van energie tussen het fluïdum in het circuit en het bindmateriaal van het gradiëntspoelstelsel. Het is van belang op te merken dat een dergelijk fluïdumcircuit niet alleen kan worden gebruikt voor het koelen van het gradiëntspoelstelsel maar ook voor het verwarmen ervan, meer specifiek van het bindmateriaal.

- 20 Een vergrote flexibiliteit ten aanzien van het beïnvloeden van de temperatuur van het gradiëntspoelstelsel wordt verkregen indien het fluïdumcircuit twee separate circuitdelen omvat zoals aan de hand van de navolgende voorkeursuitvoeringsvorm nog verder zal worden toegelicht.

Bij voorkeur komen de separate circuitdelen stroomopwaarts ten opzichte van

- 25 het gradiëntspoelstelsel via een regelbare mengklep samen in een gezamenlijk circuitdeel waarbij de stand van de mengklep afhankelijk is van stuursignalen van de regelmiddelen. Aldus kan de temperatuur van het fluïdum in het gezamenlijk circuitdeel uitermate snel worden aangepast aan de behoefte hiertoe, welk effect verder wordt vergroot naarmate de regelbare meetklep korter voor het gradiëntspoelstelsel is gepositioneerd. Uitgaande van de
- 30 situatie waarbij in een eerste circuitdeel een bepaalde verlaagde temperatuur heerst en in het andere circuitdeel een bepaalde hogere temperatuur, kan aldus haast momentaan de temperatuur van het fluïdum in het gezamenlijk circuitdeel worden ingesteld tussen de verlaagde en verhoogde temperatuur.

Met name in het licht van de voorgaand beschreven voorkeursuitvoeringsvorm waarbij de temperatuurbeïnvloedingsmiddelen en de regelmiddelen zijn ingericht voor het in verschillende mate kunnen beïnvloeden van de temperatuur van respectievelijk verschillende delen van het gradiëntspoelstelsel, geniet het de voorkeur dat de separate circuitdelen door
5 verschillende delen van het gradiëntspoelstelsel verlopen om aldus in de respectievelijke verschillende delen van het gradiëntspoelstelsel verschillende temperatuur beïnvloedende effecten te sorteren.

Meer specifiek kan het hierbij zeer voordelig zijn indien één van de beide circuitdelen primair is voorzien om de temperatuur van één of een aantal subgradiëntspoelen
10 te beïnvloeden, terwijl de ander van de beide circuitdelen primair is voorzien om de temperatuur van het bindmiddel te beïnvloeden. Hierbij wordt opgemerkt dat in zijn algemeenheid de subgradiëntspoelen zich nabij de buitenzijde van het gradiëntspoelstelsel bevinden, terwijl het bindmiddel, dat overigens ook aanwezig is tussen de subgradiëntspoelen, met name in de kern van het gradiëntspoelstelsel aanwezig is.

Teneinde een zo groot mogelijke vrijheid te bereiken ten aanzien van de in het gradiëntspoelstelsel heersende temperaturen, geniet het de voorkeur dat de temperatuurbeïnvloedingsmiddelen en de regelmiddelen zijn ingericht voor het onafhankelijk
15 van elkaar regelen van de capaciteit voor de separate circuitdelen. Hierbij wordt opgemerkt dat de capaciteit van de temperatuurbeïnvloedingsmiddelen niet alleen afhankelijk zijn van de temperatuur van het fluïdum in het fluïdumcircuit maar ook van de stroomsnelheid van het fluïdum daardoorheen.

Volgens een zeer voordelige voorkeursuitvoeringsvorm zijn de regelmiddelen ingericht voor het, op basis van gegevens omtrent het benodigd energieverbruik door het gradiëntspoelstelsel voor een nog te maken afbeelding door het MRI-apparaat, regelen van de
25 werkzaamheid van de temperatuurbeïnvloedingsmiddelen voorafgaand aan of tijdens het maken van deze afbeelding. Het is aldus mogelijk om te anticiperen (in plaats van te reageren op meetwaarden) op de benodigde koelcapaciteit zodat bijvoorbeeld bij het maken van een "zwarte" afbeelding/scan waarbij men kan voorspellen dat veel elektrische energie zal worden gedissipeerd in de subgradiëntspoelen en de temperatuur van het gradiëntspoelstelsel en meer
30 specifiek van het bindmateriaal daarvan dus in hogere mate de neiging zullen hebben om op te lopen, juist voorafgaand aan de start van het maken van een dergelijke scan de koelcapaciteit reeds wordt verhoogd, zelfs in een dusdanige mate dat de temperatuur van het fluïdum in een fluïdumcircuit zo laag wordt ingesteld dat het toepassen van een dergelijke

temperatuur voor het fluïdum bij een relatief lichte scan wellicht tot condensatieproblemen zou kunnen leiden.

Volgens een verdere voorkeursuitvoeringsvorm omvatten de verwarmingsmiddelen elektrische weerstandsdraden in het bindmateriaal. Met dergelijke elektrische weerstandsdraden is het mogelijk om zeer snel en gericht de temperatuur van het bindmateriaal te verhogen.

De onderhavige uitvinding heeft verder betrekking op een werkwijze voor het bedrijven van een magnetische-resonantie-afbeeldingen (MRI) apparaat omvattende een magnetisch hoofdstelsel voor het opwekken van een magnetisch hoofdveld in een diagnostische ruimte, een gradiëntspoelstelsel in hoofdzaak gelegen tussen het magnetisch hoofdstelsel en de diagnostische ruimte en voorzien van subgradiëntspoelen en een glastemperatuur bezittend bindmateriaal voor het bijeen houden van de subgradiëntspoelen, regelmiddelen voor het regelen van de temperatuur van het gradiëntspoelstelsel en temperatuurbeïnvloedingsmiddelen voor het op basis van stuursignalen afkomstig van de regelmiddelen beïnvloeden van de temperatuur van het gradiëntspoelstelsel, waarbij de regelmiddelen tijdens bedrijf van het MRI apparaat de temperatuur van het bindmateriaal van het gradiëntspoelstelsel op een waarde gelegen boven de glastemperatuur regelen. De voordelen die aan een dergelijke werkwijze zijn verbonden, zijn bovenstaand reeds toegelicht aan de hand van de toelichting op het MRI-apparaat volgens de onderhavige uitvinding.

In het volgende zal de uitvinding nader worden toegelicht aan de hand van de beschrijving van een aantal voorkeursuitvoeringsvormen van een MRI-apparaat volgens de uitvinding. Hierbij wordt verwezen naar de navolgende figuren waarbij:

Fig. 1 schematisch een eerste uitvoeringsvorm van een MRI-apparaat volgens de uitvinding toont;

Fig. 2 schematisch een tweede uitvoeringsvorm van een MRI-apparaat volgens de uitvinding toont;

Fig. 3 schematisch een derde uitvoeringsvorm van een MRI-apparaat volgens de uitvinding toont; en

Fig. 4 schematisch een vierde uitvoeringsvorm van een MRI-apparaat volgens de uitvinding toont.

Figuur 1 toont een gradiëntspoelstelsel 1 van een MRI-apparaat van het gesloten, cilindrische type welk type de vakman ruimschoots bekend is. Het gradiëntspoelstelsel 1 is in hoofdzaak cilindrisch van vorm met hartlijn 2 waarbij aan de binnenzijde van het gradiëntspoelstelsel 1 zich een diagnostische ruimte bevindt alwaar een te onderzoeken patiënt plaats kan nemen zodat beelden kunnen worden gemaakt van het inwendige van de patiënt met behulp van het MRI-apparaat. Aan de buitenzijde wordt het gradiëntspoelstelsel 1 omgeven door een hoofdstelsel waarmee binnen de diagnostische ruimte een magnetisch hoofdveld wordt opgewekt. Het gradiëntspoelstelsel 1 bestaat in hoofdzaak uit een buitenste set 3 van drie subgradiëntspoelen 4, 5, 6 en een binnenste set 7 van drie subgradiëntspoelen 8, 9, 10. De sets 3, 7 bevinden zich op enige afstand van elkaar, welke tussenruimte is gevuld met een kern van epoxyhars 11 versterkt met glasvezel materiaal of dergelijke, welk materiaal eveneens aanwezig is tussen de subgradiëntspoelen en deze onderling verbindt en positioneert. De glastemperatuur van het epoxyhars 11 is 40°C.

De subgradiëntspoelen 8, 9, 10 zijn bestemd om een magnetisch gradiëntveld in drie orthogonale richtingen te superponeren op het magnetisch hoofdveld binnen de diagnostische ruimte. De subgradiëntspoelen 4, 5, 6 zijn op hun beurt weer bestemd om de magnetische gradiëntvelden opgewekt door de subgradiëntspoelen 8, 9, 10 af te schermen van de hoofdmagneet. De subgradiëntspoelen 4, 5, 8, 9 bestaan uit in hoofdzaak zadelvormige elementen die tezamen een cilindervorm bepalen, terwijl de subgradiëntspoelen 6, 10 ieder een spiraalvormig gewonden holle buis omvatten.

De holten van deze buizen van de subgradiëntspoelen 6, 10 maken deel uit van een fluïdumcircuit 12 dat ter plaatse van de subgradiëntspoelen 6, 10 bestaat uit twee parallelle circuitdelen 12a, 12b voor ieder van de subgradiëntspoelen 6, 10. Door het fluïdumcircuit 12 heen wordt middels niet nader getoonde pompmiddelen een fluïdum geleid. Binnen het gradiëntspoelstelsel 1 vindt, indien de temperatuur van het fluïdum en van het gradiëntspoelstelsel 1 van elkaar verschillen, energie-uitwisseling plaats zodat aldus de temperatuur van het gradiëntspoelstelsel 1 kan worden beïnvloed. Teneinde dit op een gewenste wijze te doen, is een regeleenheid 13 voorzien die op basis van meetgegevens omtrent de temperatuur van fluïdum in het fluïdumcircuit 12 afkomstig van thermokoppels 14, 15, 16, een koeleenheid 17 en een verwarmingsseenheid 18 aanstuurt. De koeleenheid 17 en de verwarmings-eenheid 18 zijn opgenomen in het fluïdumcircuit 12. Binnen koeleenheid 17 vormt het fluïdumcircuit 12 een eerste zijde van een warmtewisselaar waarbij gesloten koelcircuit 19 met daarin opgenomen een koeler 20 de tweede zijde vormt.

Overeenkomstig de onderhavige uitvinding is de regeleenheid 13 dusdanig ingericht dat de temperatuur van het epoxyhars 11 van het gradiëntspoelstelsel 1 een waarde aanneemt hoger dan 40°C zijnde de glastemperatuur van het epoxyhars, bijvoorbeeld van 45°C. Hierbij geldt overigens wel een maximale waarde voor de temperatuur van het epoxyhars 11 vanwege het risico dat het expoxymateriaal 11 bij een te hoge temperatuur niet meer in voldoende mate in staat is om de subgradiëntspoelen 4, 5, 6, 8, 9, 10 bijeen te houden. Vanwege de omslag die plaatsvindt bij het passeren van de glastemperatuur, bezit het epoxyhars 11 boven 40°C aanmerkelijke dempende eigenschappen voor trillingen van de subgradiëntspoelen 4, 5, 6, 8, 9 10 en van de dragende structuur.

De temperatuur van het epoxyhars 11 van het gradiëntspoelstelsel 1 kan in principe direct worden gemeten door thermokoppels die zijn verbonden met het epoxyhars 11 van het gradiëntspoelstelsel 1 maar kan ook bepaald worden aan de hand van metingen van de temperatuur van een fluïdum bij de ingang van het gradiëntspoelstelsel 1 door thermokoppel 16 en bij de uitgang van gradiëntspoelstelsel 1 door thermokoppels 14, 15 waarbij gebruik wordt gemaakt van een geschikt, al dan niet empirisch bepaald, model.

Figuur 2 toont een gradiëntspoelstelsel 31 van een MRI-apparaat van het gesloten, cilindrische type met hartlijn 32 binnen de diagnostische ruimte daarvan. Het gradiëntspoelstelsel komt in grote mate overeen met gradiëntspoelstelsel 1 volgens figuur 1 en is voorzien van een buitenste set 40 van drie subgradiëntspoelen 33, 34, 35 en een binnenste set 41 van drie gradiëntspoelen 36, 37, 38, welke subgradiëntspoelen zijn ingebed en bijeen worden gehouden door epoxyhars materiaal 39. Voor het beïnvloeden van de temperatuur van het gradiëntspoelstelsel 31 is een fluïdumcircuit 48 voorzien dat zich deels uitstrekt door de holten van de spiraalvormige subgradiëntspoelen 35, 38.

Het regelsysteem hiertoe wijkt af van de uitvoeringsvorm volgens figuur 1 o.a. doordat het fluïdumcircuit 48 ook buiten het gradiëntspoelstelsel twee parallelle circuitdelen 42, 43 omvat. In circuitdeel 42 is een, door koeler 53 gekoelde, koeleenheid 44 opgenomen die er voorzorg draagt dat de temperatuur van het fluïdum dat de koeleenheid 44 verlaat een relatief lage waarde heeft, bijvoorbeeld van 5°C. In circuitdeel 43 is een verwarmingseenheid 45 opgenomen die er voor zorg draagt dat fluïdum dat verwarmingseenheid 45 verlaat een relatief hoge waarde heeft, bijvoorbeeld van 70°C. De beide circuitdelen 42, 43 komen relatief kort voor het gradiëntspoelstelsel 31 weer samen ter plaatse van een regelbare mengklep 46 waarmee via de stand ervan de verhouding tussen de hoeveelheid fluïdum afkomstig van circuitdeel 42 enerzijds en de hoeveelheid fluïdum afkomstig van circuitdeel 43 anderzijds kan worden ingesteld. De stand van de mengklep 46 wordt weer geregeld door

stuursignalen hiertoe afkomstig van regeleenheid 47 die tenminste aan de hand van de temperatuurmetingen via thermokoppels 48, 49, 50, 51 bepaald wat de stand van de mengklep 46 moet zijn om de temperatuur van het het epoxymateriaal van het gradiëntspoelstelsel ten minste 40°C te laten zijn. Thermokoppels 50, 51 bevinden zich in de kern van het epoxyhars materiaal 39 zodat direct de temperatuur daarvan kan worden bepaald. Thermokoppel 49 bevindt zich aan de naar de diagnostische ruimte gekeerde zijde van het gradiëntspoelstelsel. De temperatuur aldaar is met name van belang om te voorkomen dat een patiënt in de diagnostische ruimte een onacceptabele stralingswarmte afkomstig van het gradiëntspoelstelsel 31 ervaart.

Daarnaast is het binnen het kader van de onderhavige uitvinding denkbaar dat de stuursignalen van regeleenheid 47 aan de mengklep 46 eveneens afhankelijk zijn van informatie omtrent een te maken afbeelding. Aangezien voorafgaand aan het maken van een afbeelding het in principe bekend is hoeveel energie in het gradiëntspoelstelsel 31 vrij komt vanwege de elektrische stromen die door de subgradiëntspoelen lopen, is het mogelijk hierop te anticiperen door bijvoorbeeld bij een relatief “zware” afbeelding waarbij in beginsel een boven gemiddelde toename van de temperatuur van het gradiëntspoelstelsel 31 te verwachten is, hierop te anticiperen door een extra verlaagde temperatuur of althans een verhoogde koelcapaciteit (hetgeen ook kan worden bereikt door de doorstroomsnelheid van het fluïdum te verhogen) te hanteren voor het fluïdum binnen het fluïdumcircuit 48 zoals dat het gradiëntspoelstelsel 31 binnen gaat. Het toepassen van een dergelijke verhoogde koelcapaciteit zou bij een relatief “lichte” scan aanleiding kunnen geven voor condensatie op de buitenoppervlakken van het gradiëntspoelstelsel 31.

Door toepassing van de mengklep 46 met name doordat deze zich vlak voor het gradiëntspoelstelsel 31 bevindt, is het mogelijk de temperatuur van het, het gradiëntspoelstelsel 31 binnentredende, fluïdum zeer snel te variëren tussen de temperaturen in de beide circuitdelen 42, 43 voorafgaand aan de mengklep 46. Dit kan met name gunstig zijn bij de start van het maken van een afbeelding doordat daaraan voorafgaand er een behoefte zou kunnen bestaan om het gradiëntspoelstelsel 31 op te warmen om het epoxyhars 52 van het gradiëntspoelstelsel een temperatuur hoger dan 40°C aan te laten nemen, terwijl kort na de start van het maken van een afbeelding het gradiëntspoelstelsel 31 juist gekoeld dient te worden om te voorkomen dat de temperatuur ervan tot ongewenst hoge waarden oploopt. Direct na afloop van het maken van een afbeelding dient de temperatuur van het, het gradiëntspoelstelsel 31 binnentredende, fluïdum weer snel toe te nemen teneinde een te lage

temperatuur van het gradiëntspoelstelsel 31 en daarmee samenhangend condensatie te voorkomen.

Bij de uitvoeringsvorm volgens figuur 3 is er naast fluïdumcircuit 71 dat zich uitstrekt door de holle spiraalvormige subgradiëntspoelen 72, 73 van gradiëntspoelstelsel 74 en waarin opgenomen een koeleenheid 75 aangestuurd door regeleenheid 76, tevens sprake van een tweede fluïdumcircuit 77. Dit tweede fluïdumcircuit 77 strekt zich uit door de epoxyhars 78 van gradiëntspoelstelsel 74. In het tweede fluïdumcircuit 77 is een tweede koeleenheid 79 alsmede een verwarmingseenheid 80 opgenomen. De koeleenheden 75 en 79 worden gekoeld middels koeler 85. De capaciteiten van tweede koeleenheid 79 en van verwarmingseenheid 80 worden geregeld via regeleenheid 76 mede in afhankelijkheid van temperatuurmetingen door thermokoppels 81, 82, 83, 84. Belangrijk voordeel dat met een dergelijke uitvoeringsvorm kan worden bereikt is gelegen in het feit dat het mogelijk is bij de temperatuur-regeling van het gradiëntspoelstelsel 74 onderscheid te maken tussen verschillende delen daarvan. Aldus is het mogelijk om bijvoorbeeld het epoxyhars 78 in het midden van het gradiëntspoelstelsel 74 een substantieel hogere temperatuur te laten aannemen dan bijvoorbeeld de naar de diagnostische ruimte gekeerde zijde van het gradiëntspoelstelsel 74.

De uitvoeringsvorm volgens figuur 4 komt ten dele overeen met de uitvoeringsvorm volgens figuur 3. Voor zover van toepassing zijn in figuur 4 dan ook dezelfde verwijzingscijfers gehanteerd als bij figuur 3 en blijft een nadere toelichting hierop binnen het kader van de beschrijving van figuur 4 hier achterwege. Het belangrijkste verschil tussen de uitvoeringsvormen volgens figuren 3 en 4 is gelegen in de vervanging van het tweede fluïdumcircuit 77 voor het beïnvloeden van de temperatuur van met name de epoxyhars 78, meer specifiek de kern daarvan, door een elektrisch verwarmingssysteem dat gebruik maakt van een stroombron 90. Op de stroombron 90 is een stroomcircuit aangesloten dat zich ten dele uitstrekt door de kern van het epoxymateriaal 78 en aldaar wordt gevormd door elektrische weerstandsdraden die bij het leiden daardoorheen van een geschikte stroom warmte produceren en aldus het epoxymateriaal 78 kunnen opwarmen. De weerstandsdraden strekken zich binnen het epoxymateriaal 78 uit in hoofdzaak als twee lussen 91, 92 waarbij de heengaande draad en de teruggaande draad gepaard zijn voorzien, bijvoorbeeld in elkaar gewikkeld, om te voorkomen dat de weerstandsdraden zelf beeldverstorende magnetische velden zouden kunnen opwekken. Uiteraard kunnen binnen het kader van de onderhavige uitvinding ook meer dan twee lussen of een enkele lus worden toegepast.

Bovenstaand is de uitvinding toegelicht aan de hand van uitvoeringsvormen die niet beperkend dienen te worden uitgelegd voor de strekking van de onderhavige uitvinding. Talloze variaties zijn binnen de strekking van de uitvinding nog mogelijk. Zo zou bijvoorbeeld in plaats van het deel laten uitmaken van een subgradiëntspoel van een

5 fluïdumcircuit ook gebruik kunnen worden gemaakt van een aparte koel-/verwarmingsleiding die zich bijvoorbeeld tussen twee lagen van subgradiëntspoelen uitstrekt. Daarnaast zou er ook voor gekozen kunnen worden om het zonodig verwarmen van een gradiëntspoelstelsel niet plaats te laten vinden via doorstroming van het gradiëntspoelstelsel met een warm fluïdum of om verwarming te realiseren door separate elektrische

10 weerstandsverwarmingselementen die zijn opgenomen in het gradiëntspoelstelsel maar om in plaats daarvan gebruik te maken van verwarmingselementen die worden gevormd door de subgradiëntspoelen zelf die dan functioneren als elektrische weerstandsverwarmingselementen zolang deze niet werkzaam zijn voor het maken van een afbeelding.

CONCLUSIES:

1. Magnetische-resonantie-afbeeldingen (MRI) apparaat omvattende een magnetisch hoofdstelsel voor het opwekken van een magnetisch hoofdveld in een diagnostische ruimte, een gradiëntspoelstelsel in hoofdzaak gelegen tussen het magnetisch hoofdstelsel en de diagnostische ruimte en voorzien van subgradiëntspoelen en een
5 glastemperatuur bezittend bindmateriaal voor het bijeen houden van de subgradiëntspoelen, regelmiddelen voor het regelen van de temperatuur van het gradiëntspoelstelsel en temperatuurbeïnvloedingsmiddelen voor het op basis van stuursignalen afkomstig van de regelmiddelen beïnvloeden van de temperatuur van het gradiëntspoelstelsel, met het kenmerk, dat de regelmiddelen zijn ingericht voor het tijdens bedrijf van het MRI apparaat
10 regelen van de temperatuur van het bindmateriaal van het gradiëntspoelstelsel op een waarde gelegen boven de glastemperatuur.
2. MRI apparaat volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de waarde van de glastemperatuur ten minste 30°C is.
- 15 3. MRI apparaat volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat de temperatuurbeïnvloedingsmiddelen verwarmingsmiddelen voor het gradiëntspoelstelsel omvatten.
- 20 4. MRI apparaat volgens conclusie 1, 2 of 3, met het kenmerk, dat de temperatuurbeïnvloedingsmiddelen en de regelmiddelen zijn ingericht voor het in verschillende mate kunnen beïnvloeden van de temperatuur van respectievelijke verschillende delen van het gradiëntspoelstelsel.
- 25 5. MRI apparaat volgens conclusie 1, 2, 3 of 4, met het kenmerk, dat de temperatuurbeïnvloedingsmiddelen een fluïdumcircuit omvatten dat door het gradiëntspoelstelsel verloopt voor het uitwisselen van energie tussen het fluïdum in het circuit en het bindmateriaal van het gradiëntspoelstelsel.

6. MRI apparaat volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat het fluïdumcircuit twee separate circuitdelen omvat.

5 7. MRI apparaat volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat de separate circuitdelen stroomopwaarts ten opzichte van het gradiëntspoelstelsel via een regelbare mengklep samenkomen in een gezamenlijk circuitdeel waarbij de stand van de mengklep afhankelijk is van stuursignalen van de regelmiddelen.

10 8. MRI apparaat volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat de separate circuitdelen door verschillende delen van het gradiëntspoelstelsel verlopen.

15 9. MRI apparaat volgens conclusie 8, met het kenmerk, dat één van de beide circuitdelen primair is voorzien om de temperatuur van één of een aantal subgradiëntspoelen te beïnvloeden, terwijl de ander van de beide circuitdelen primair is voorzien om de temperatuur van het bindmiddel te beïnvloeden.

20 10. MRI apparaat volgens één van de conclusies 6 tot en met 9, met het kenmerk, dat de temperatuurbeïnvloedingsmiddelen en de regelmiddelen zijn ingericht voor het onafhankelijk van elkaar regelen van de capaciteit voor de separate circuitdelen.

25 11. MRI apparaat volgens één van de voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de regelmiddelen zijn ingericht voor het, op basis van gegevens omtrent het benodigd energieverbruik door het gradiëntspoelstelsel voor een nog te maken afbeelding door het MRI apparaat, regelen van de werkzaamheid van de temperatuurbeïnvloedings-middelen voorafgaand aan en/of tijdens het maken van deze afbeelding.

12. MRI apparaat volgens één van de conclusies 3 t/m 11, met het kenmerk, dat de verwarmingsmiddelen elektrische weerstandsdraden in het bindmateriaal omvatten.

30 13. Werkwijze voor het bedrijven van een magnetische-resonantie-afbeeldingen (MRI) apparaat omvattende een magnetisch hoofdstelsel voor het opwekken van een magnetisch hoofdveld in een diagnostische ruimte, een gradiëntspoelstelsel in hoofdzaak gelegen tussen het magnetisch hoofdstelsel en de diagnostische ruimte en voorzien van subgradiëntspoelen en een glastemperatuur bezittend bindmateriaal voor het bijeen houden

- van de subgradiëntspoelen, regelmiddelen voor het regelen van de temperatuur van het gradiëntspoelstelsel en temperatuurbeïnvloedingsmiddelen voor het op basis van stuursignalen afkomstig van de regelmiddelen beïnvloeden van de temperatuur van het gradiëntspoelstelsel, met het kenmerk, dat de regelmiddelen tijdens bedrijf van het MRI
- 5 apparaat de temperatuur van het bindmateriaal van het gradiëntspoelstelsel op een waarde gelegen boven de glastemperatuur regelen.

1/4

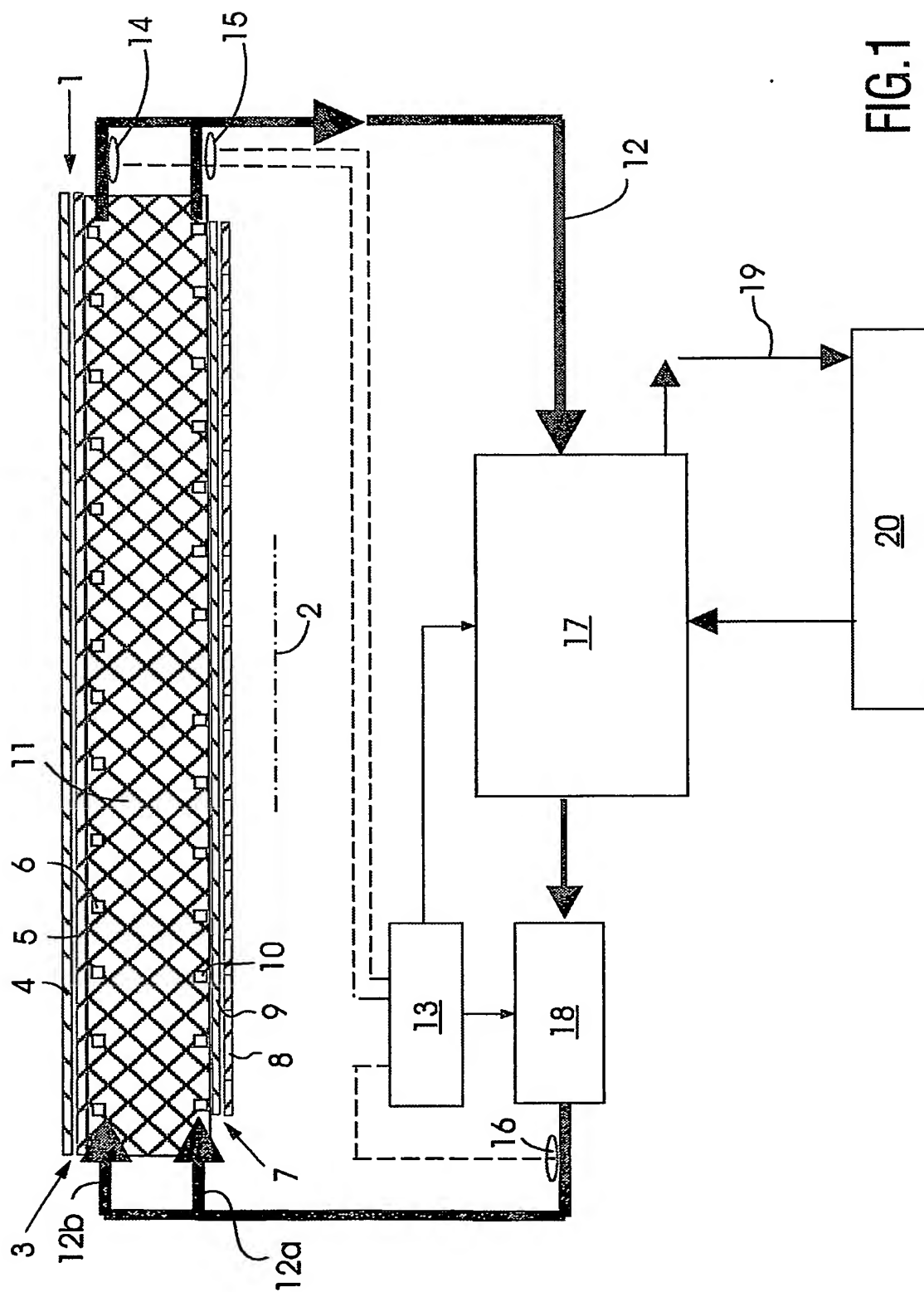


FIG.1

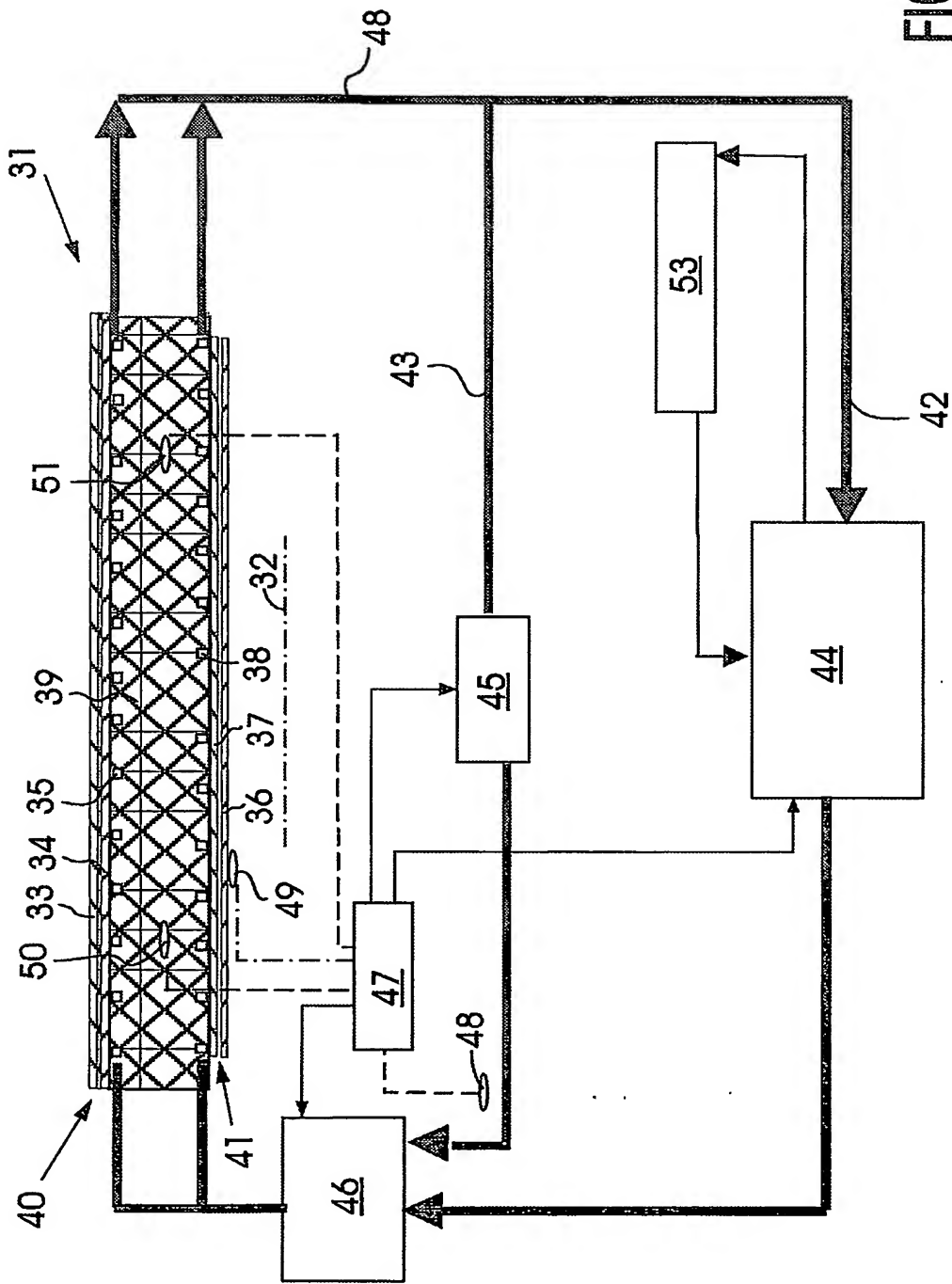


FIG.2

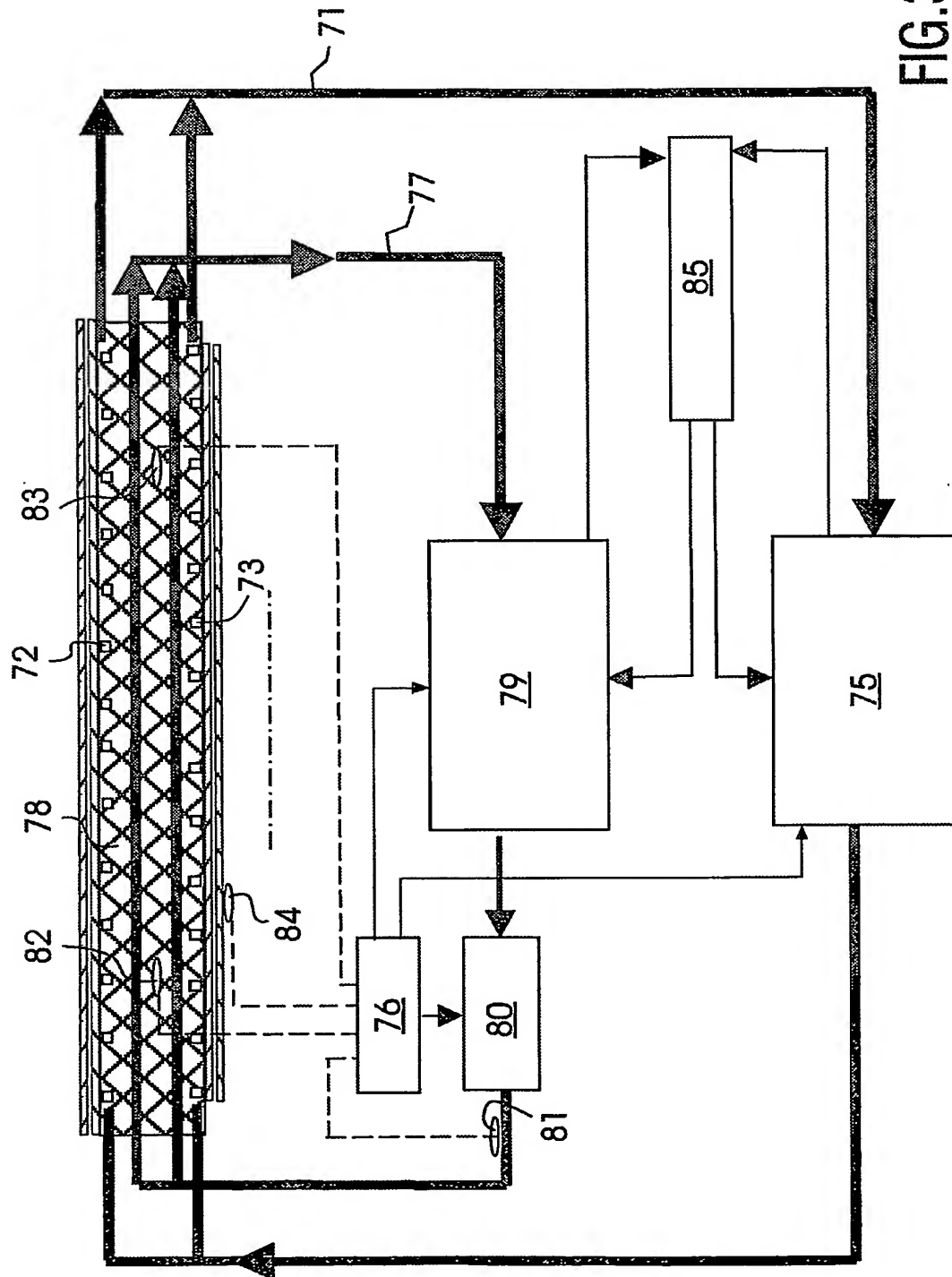


FIG.3

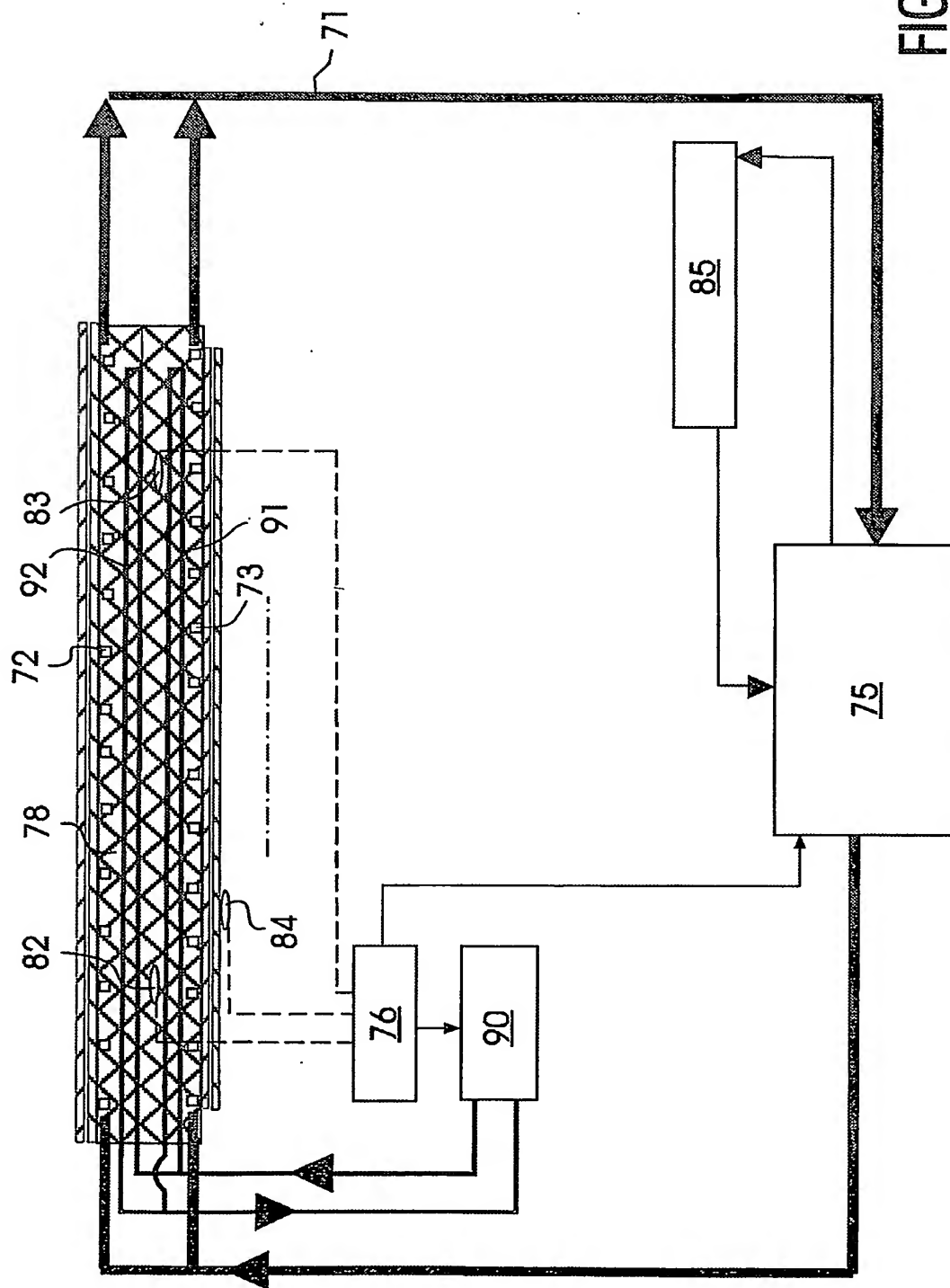


FIG. 4